

## Karakteristik Kemasan *Edible* Berbasis Ekstrak Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.) dan Kitosan dengan Penambahan Lilin Lebah

Rebecca Ivana<sup>1</sup>, Rachel Meiliawati Yoshari<sup>1</sup>, Ignasius Radix Astadi Praptono Jati<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya,  
Jl. Dinoyo 42-44 Surabaya 60265, Indonesia

\*Email korespondensi : radix@ukwms.ac.id

### ABSTRAK

Kemasan *edible* merupakan material *biodegradable* yang mampu mempertahankan kesegaran pangan sekaligus memberikan informasi secara *real-time* mengenai kualitas produk. Penelitian kemasan *edible* dikembangkan menggunakan ekstrak bunga telang, kitosan, sorbitol, dan tepung cangkang telur ayam. Namun, kemasan *edible* yang dihasilkan memiliki laju transmisi uap air yang tinggi, sehingga diperlukan penambahan komponen lipid seperti lilin lebah (*beeswax*) untuk meningkatkan sifat penghalang uap air. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh konsentrasi lilin lebah terhadap karakteristik fisikokimia kemasan *edible* serta kemampuannya dalam mendeteksi penurunan kesegaran produk pangan yang dikemas. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) satu faktor, yaitu konsentrasi lilin lebah sebanyak enam perlakuan, dengan empat kali ulangan. Konsentrasi lilin lebah yang digunakan adalah 0%; 0,2%; 0,4%; 0,6%; 0,8%; dan 1,0% (b/v). Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf signifikansi  $\alpha = 5\%$ , dilanjutkan dengan uji Duncan (DMRT) untuk mengetahui perbedaan nyata antar perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan lilin lebah secara signifikan menurunkan nilai kuat tarik (0,062–0,041 MPa), persen pemanjangan (47,667–83,542%), dan WVTR (67,8906–94,4379 g/m<sup>2</sup>/24 jam). Sebaliknya, penambahan lilin lebah meningkatkan kandungan total fenolik (395,0831–544,6219 mg GAE/100 g) dan aktivitas antioksidan (49,33–74,35% *radical scavenging activity*) pada kemasan *edible*. Selain itu, kemasan *edible* mampu menjadi indikator perubahan kesegaran daging ayam selama empat hari penyimpanan, yang ditunjukkan oleh perubahan warna dari biru tua menjadi kehijauan. Kemasan ini juga mampu mempertahankan pH dan stabilitas warna daging ayam, sehingga berkontribusi dalam menjaga kesegarannya.

**Kata kunci:** lilin lebah, ekstrak bunga telang, kitosan, kemasan *edible* cerdas

### ABSTRACT

Edible packaging is a biodegradable material capable of maintaining food freshness while simultaneously providing real-time information on product quality. In this study, edible packaging was developed using butterfly pea flower extract, chitosan, sorbitol, and chicken eggshell flour. However, the resulting edible packaging exhibited a high-water vapor transmission rate (WVTR), necessitating the incorporation of a lipid component, such as beeswax, to improve barrier properties. This study aimed to evaluate the effect of beeswax concentration on the physicochemical characteristics of edible packaging and its ability to monitor freshness deterioration in packaged food products. A single-factor Randomized Complete Block Design (RCBD) was applied, with six different beeswax concentration as the independent variable with four replications. Beeswax was incorporated at concentrations of 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, and 1.0% (b/v). Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) at a significance level of  $\alpha = 5\%$ , followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) for mean comparison. The results showed that beeswax significantly reduced tensile strength (0.062–0.041 MPa), elongation at break (47.667–83.542%), and WVTR (67.8906–94.4379 g/m<sup>2</sup>/24 h). Moreover, beeswax increased the total phenolic content (395.0831–544.6219 mg GAE/100 g) and antioxidant activity (49.33–74.35% radical scavenging activity) of the edible packaging. Furthermore, the edible packaging effectively perform as indicator exhibit the changes in the freshness of chicken meat over four days of storage, as indicated by a color transition from dark blue to greenish. The packaging also helped maintain the pH and color stability of the chicken meat, thereby contributing to the preservation of its freshness.

**Keywords:** beeswax, butterfly pea flower extract, chitosan, edible film

## PENDAHULUAN

Jenis bahan pengemas telah berkembang seiring zaman, mulai dari bahan-bahan alami seperti daun, kulit buah dan kayu, pelapah, batu-batuan, kerang, dan kulit binatang hingga berkembang menjadi *jar kaca*, kaleng aluminium, kantong kertas, dan plastik (Abdulla, Shams, & Dash, 2024). Saat ini mulai berkembang kemasan pangan yang lebih ramah lingkungan seperti *biodegradable packaging* yang dapat diurai secara alami oleh mikroorganisme. Kemasan *edible* merupakan salah satu jenis kemasan *biodegradable* yang dapat digunakan sebagai pengemas makanan. Penggunaan kemasan *edible* mampu mempertahankan kesegaran bahan pangan yang dikemas terutama *perishable food* sekaligus memberikan informasi mengenai kondisi makanan yang dikemas (Gao et al., 2024).

Bahan baku pembuatan kemasan *edible* umumnya menggunakan polisakarida. Salah satu contoh polisakarida yang dapat digunakan adalah kitosan. Kitosan memiliki sifat mudah didegradasi, kompatibel dengan material lain, antifungal, dan antimikroba sehingga dapat mendukung penggunaannya sebagai kemasan *edible* (Anugrah, Delarosa, Wangker, Pramitasari, & Subali, 2023). Untuk meningkatkan fungsionalitasnya, kemasan *edible* kitosan dapat diformulasikan dengan bahan lain seperti cangkang telur untuk meningkatkan sifat fisiknya (Jati et al., 2024), maupun ditambahkan ekstrak bunga telang sebagai bahan aktif pewarna, agen antimikroba, dan antioksidan yang dapat meningkatkan fungsi kemasan menjadi *smart edible packaging* (Amin et al., 2022). Kemasan *edible* berbahan dasar kitosan memiliki kemampuan yang baik dalam menahan oksigen dan karbondioksida akibat adanya ikatan hidrogen yang teratur, namun memiliki kelemahan dalam menahan transmisi uap air (Hong et al., 2024).

*Water vapor transmission rate* (WVTR) kemasan *edible* kitosan yang tinggi menandakan mudah dilalui oleh uap air. Uap air yang masuk melalui *edible film* dapat meningkatkan risiko pertumbuhan mikroba sedangkan uap air yang keluar dapat menyebabkan bahan pangan yang dikemas menjadi kering. WVTR *edible film* yang tinggi dapat diatasi dengan penambahan komponen lipida seperti *wax*. *Beeswax* atau lilin lebah merupakan senyawa lipida alami yang berasal dari sarang lebah yang dihasilkan oleh lebah madu genus *Apis*. Lilin lebah mengandung senyawa fenolik seperti *pinobanksin*, *protocatechuic acid-O-hexoside*, *3,4-di-O-caffeoylquinic acid*, kaempferol, dan apigenin

yang memiliki sifat antioksidan (Betancur-D'Ambrosio et al., 2024). Lilin lebah memiliki sifat hidrofobik dan memiliki titik leleh sekitar 61-65°C (Florido-Moreno et al., 2025). Pada suhu dibawah titik lelehnya, lilin lebah membentuk kristal lilin yang dapat meningkatkan kemampuan menahan air pada kemasan *edible*. Kemasan *edible* kitosan dengan penambahan lilin lebah dapat meningkatkan kemampuan menahan air sehingga dapat mengurangi terjadinya perpindahan uap air dan melindungi bahan pangan dari pertumbuhan mikroba (Hosseini, Mousavi, & McClements, 2023). Sementara itu, kemasan *edible* kitosan dan lilin lebah berbasis emulsi memiliki permeabilitas uap air lebih rendah dibandingkan dengan film kitosan tanpa penambahan lilin lebah (Iqbal et al., 2024). Penggunaan lilin lebah dapat meningkatkan kemampuan menahan air, total senyawa fenolik, dan sifat antioksidan, namun dapat menurunkan elastisitas kemasan *edible*. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi penggunaan lilin lebah terhadap karakteristik kemasan *edible* berbasis ekstrak bunga telang, kitosan, dan tepung cangkang telur ayam.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan yang digunakan untuk membuat kemasan *edible* adalah kitosan (Phy Edumedia, Kota Malang), bunga telang kering yang dibeli dari toko Bilka di Kota Surabaya, sorbitol (PT Sorini Towa Berlian), tepung cangkang telur ayam diperoleh dari produsen di Kota Yogyakarta, lilin lebah food grade yang diperoleh dari pemasok di Kota Pandaan, dan Tween 80 food grade (BASF SE, Jerman), asam galat (Sigma Aldrich, CAS 149-91-7), Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Merck, CAS 497-19-8), reagen Folin-Ciocalteu (Merck, CAS 12111-13-6), metanol (Emsure, CAS 67-56-1), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl/DPPH (Sigma Aldrich, CAS 1898-66-4), akuades, dan daging ayam broiler segar bagian dada diperoleh dari pasar Keputran, Surabaya.

### Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah, termometer, cetakan film, *stopwatch*, kuvet, spektrofotometer UV-Vis UV-1800 (Shimadzu, Jepang), mikropipet (Eppendorf, Jerman), vortex (Thermolyne, Amerika Serikat), dan chopper (Philips, Belanda), spektrofotometer UV-Vis UV-1800 (Shimadzu, Jepang), texture analyzer TA-XT plus (Stable Micro Systems, United Kingdom), shaking waterbath (Daihan Labtech, Indonesia), color reader CR-10 (Konica Minolta, Jepang), oven

(Binder, Jerman), hygrometer (Krisbow, Indonesia), pH meter (Ohaus, Amerika Serikat), timbangan analitis PA214 (Ohaus, Amerika Serikat)

### Pembuatan Edible Film

Pembuatan *edible film* mengacu pada penelitian Gregory et al. (2024). Ekstrak bunga telang dicampurkan dengan kitosan 1,5% b/v, tepung cangkang telur ayam 0,3% b/v, sorbitol 1% v/v, dan tween 80 1% v/v kemudian dipanaskan hingga 70° C. Campuran diaduk hingga homogen dan ditambah lilin lebah dengan variasi konsentrasi 0%; 0,2%; 0,4%; 0,6%; 0,8%; dan 1,0% (b/v). Campuran diaduk kembali dan dituangkan ke dalam cetakan 10 x 15 cm sebanyak 80 mL. Proses dilanjutkan dengan pengeringan pada suhu 18±2°C dan RH 55±5% selama ±12 jam lalu dilepaskan dari cetakan.

### Analisis Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan

Kuat tarik dan persentase pemanjangan *edible film* diuji menggunakan metode ASTM D882-18 (Jati et al., 2025). Preparasi sampel dilakukan dengan mengkonidisikan *film* pada suhu 23±5°C dan RH 50±10% selama minimal 40 jam lalu memotong sampel menjadi 100 mm x 10 mm. Sampel diuji menggunakan *Texture Analyzer TA-XT plus*. Film ditarik pada kedua ujungnya menggunakan *grip* dengan kecepatan sebesar 8,3 mm/detik dan jarak jepit sebesar 50mm. Hasil kuat tarik dinyatakan sebagai gaya yang diperlukan untuk menarik sampel hingga putus dan dinyatakan dalam satuan N/mm<sup>2</sup> atau MPa. Persamaan digunakan untuk menghitung kuat tarik (1) dan persen pemanjangan (2).

$$\text{Kuat tarik} \left( \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right) = \frac{\text{Gaya (N)}}{\text{Luas penampang (mm}^2\text{)}} \quad (1)$$

$$\text{Persen pemanjangan (\%)} = \frac{\text{Penambahan panjang sampel (mm)}}{\text{Panjang awal sampel (mm)}} \times 100\% \quad (2)$$

### Analisis Water Vapor Transmission Rate (WVTR)

WVTR diuji dengan metode ASTM E96-00 (Jati et al., 2025) dengan cara pengkondisian kelembaban pada desikator dengan larutan garam jenuh. WVTR diuji dengan penimbangan gelas sloki kosong, kemudian *edible film* dipotong dan dilakukan pengeringan silika gel (10 g). Selanjutnya, silika gel dimasukkan dalam sloki, dan mulut sloki ditutup dengan *edible film*. Sloki disimpan dalam desikator (RH 75%, 27±3°C) dan

dilakukan penimbangan harian selama 4 hari. WVTR dihitung dengan persamaan 3.

$$\text{WVTR} = \frac{\text{slope kenaikan berat silika gel} \left( \frac{\text{gram}}{\text{hari}} \right)}{\text{luas permukaan mulut gelas sloki (m}^2\text{)}} \quad (3)$$

### Ekstraksi Sampel Edible Film

Sebanyak 1 g *edible film* ditimbang, dihancurkan dengan mortar, dan diekstraksi dengan 30 mL metanol dalam gelas beker tertutup aluminium foil. Beker digoyang dalam *shaking waterbath* (60°C, 100 rpm, 1 jam) dan disaring ke dalam Erlenmeyer. Dilakukan pengukuran volume, kemudian dipindahkan ke botol coklat dan disimpan di refrigerator hingga digunakan (Gregory et al., 2024).

### Analisa Total Fenolik

Larutan standar asam galat dipersiapkan dengan melarutkan 0,0100 g asam galat menggunakan metanol hingga mencapai volume 10 mL. Sementara itu, larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 2% disiapkan dengan melarutkan 2,0000 g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dalam akuades hingga volume 100 mL. Kurva standar dibuat melalui pengenceran larutan asam galat dalam rentang 0–1,0 mL ke dalam labu takar 10 mL. Selanjutnya, sebanyak 1 mL dari larutan standar atau sampel direaksikan dengan 0,5 mL reagen Folin–Ciocalteu, kemudian didiamkan selama 8 menit dalam kondisi gelap. Setelah itu, ditambahkan 4,5 mL larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 2% dan diinkubasi selama 1 jam dalam keadaan gelap. Absorbansi kemudian diukur pada panjang gelombang 765 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Total fenolik dihitung menggunakan persamaan 4 (Jati et al, 2022).

$$\text{Total fenol} \left( \frac{\text{mg GAE}}{100 \text{ sampel}} \right) = \frac{\text{total fenol (ppm)}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{V \text{ sampel (mL)}}{m \text{ sampel (g)}} \times FP \times 100 \quad (4)$$

### Uji Aktivitas Antioksidan Metode DPPH

Uji aktivitas antioksidan pada *edible film* dilakukan menggunakan metode 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Jati et al., 2022). Pembuatan larutan DPPH 0,1 mM dilakukan dengan melarutkan 0,0010 g DPPH ke dalam 25 mL metanol. Pengujian dilakukan dengan mencampurkan 0,25 mL sampel, 0,5 mL larutan DPPH, dan 4 mL metanol, kemudian divortex pada kecepatan 2000 rpm selama 10 detik. Campuran tersebut diinkubasi dalam kondisi gelap selama 30 menit, lalu diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm. Untuk sampel *control* digunakan metanol. Nilai RSA dihitung menggunakan persamaan 5.

$$RSA (\%) = \frac{(\text{Abs.DPPH (kontrol)} - \text{Abs.sampel})}{\text{Abs.DPPH (kontrol)}} \times 100\% \quad (5)$$

**Pengujian Warna Edible Film serta Warna dan pH Daging Ayam secara Kualitatif**

Daging ayam dada dipotong 2x2 cm, dikukus 10 menit, ditiriskan, dan didinginkan. Daging diletakkan dalam cup plastik, direkatkan dengan lembaran edible film, disimpan (25±5°C, RH 60±5%, 96 jam). Warna lembaran edible diukur dengan color reader (L\*, a\*, b\*, C, °H); warna daging diamati subjektif setiap 24 jam (intensitas + untuk kekuningan). pH daging diukur setelah dihaluskan (1:2 b/v dengan akuades), disaring, dan diukur dengan pH meter (Jati et al., 2025).

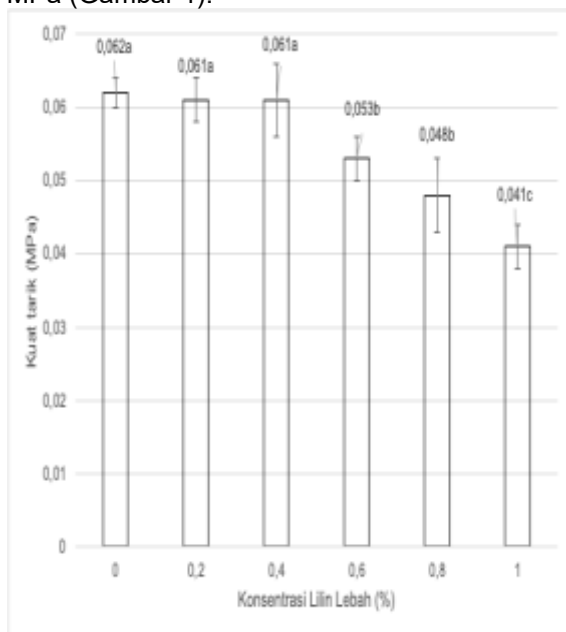
**Analisis Data**

Metode Penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktor tunggal. Taraf perlakuan sebanyak 6 taraf lilin lebah yaitu 0%; 0,2%; 0,4%; 0,6%; 0,8%; dan 1,0% (b/v). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak empat kali. Analisa pengujian dilanjutkan dengan uji ANOVA (α = 5%) untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh nyata tiap perlakuan terhadap parameter pengujian dan uji lanjut DMRT (α = 5%) untuk mengetahui perlakuan yang berpengaruh secara nyata pada parameter pengujian.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Kuat Tarik Dan Persen Pemanjangan**

Hasil pengujian kuat tarik edible film ekstrak bunga telang dan kitosan dengan berbagai perlakuan berkisar antara 0,062-0,041 MPa (Gambar 1).

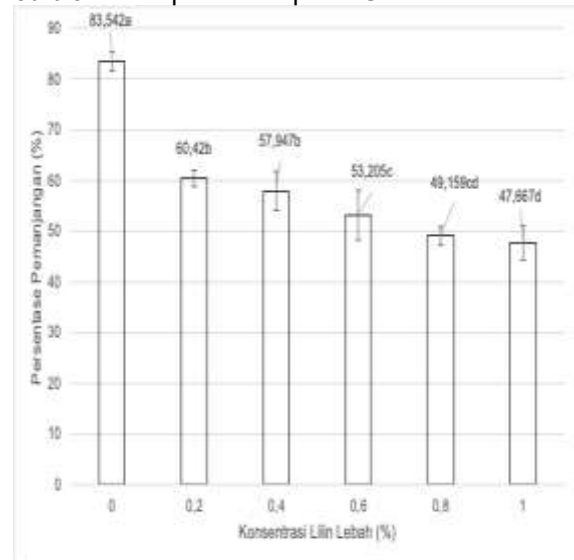


Gambar 1. Kuat tarik edible film

Berdasarkan hasil pengujian, kuat tarik edible film cenderung mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya konsentrasi lilin lebah yang ditambahkan. Hal ini disebabkan oleh sifat hidrofobik lilin lebah mengganggu susunan kontinu matriks kitosan. Sifat hidrofobik lilin lebah mengakibatkan lilin lebah tidak dapat berinteraksi dengan air secara efektif, sehingga mengurangi kemampuan lilin untuk membentuk ikatan hidrogen dengan matriks kitosan yang bersifat hidrofilik, sehingga interaksi intermolekul matriks polimer menjadi melemah dan rapuh (Florido-Moreno et al., 2025).

Melemahnya interaksi intermolekul matriks polimer menyebabkan penurunan kemampuan edible film dalam menahan kerusakan fisik. Penambahan lilin lebah yang terlalu banyak akan menyebabkan kestabilan emulsi yang terbentuk antara ekstrak bunga telang, kitosan, Tween 80, dan lilin lebah menjadi terganggu dan terjadi pemisahan fase yang menyebabkan distribusi lilin lebah pada edible film menjadi tidak homogen, sehingga mengurangi kekuatan ikatan antar molekul dalam edible film. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Zhang et al. (2020) pada edible film berbahan agar dan maltodekstrin bahwa penambahan lilin lebah dapat menurunkan kuat tarik.

Hasil dari pengujian persentase pemanjangan edible film antara 47,667 – 83,542%. Hasil pengujian persen pemanjangan edible film dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Persentase pemanjangan edible film

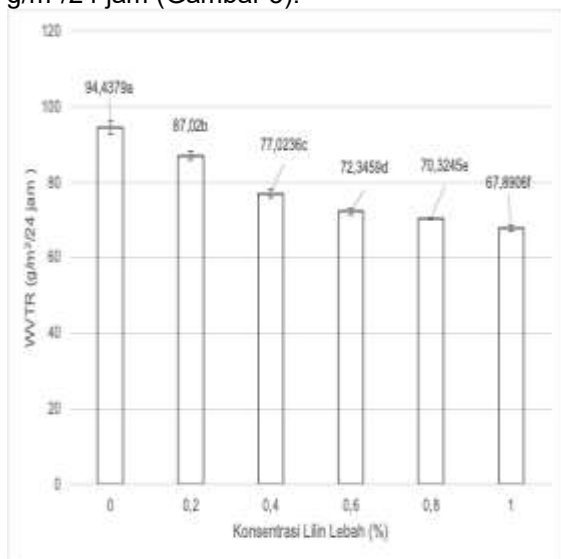
Edible film tanpa penambahan lilin lebah (0% b/v) memiliki nilai persen pemanjangan tertinggi, yaitu sebesar 83,542% dan berbeda nyata dari edible film dengan penambahan lilin

lebah. Peningkatan konsentrasi lilin lebah menyebabkan penurunan persen pemanjangan. Hal ini disebabkan oleh kandungan asam lemak jenuh yang dominan pada lilin lebah yang menyebabkan terbentuknya struktur kristalin pada suhu rendah (Reis et al., 2018). Daya tarik antar asam lemak pada lilin lebah juga menyebabkan struktur menjadi berdekatan sehingga terbentuk struktur yang rapat dan kaku (Pérez-Vergara et al., 2020).

Struktur kristalin yang terbentuk menurunkan kemampuan meregang *edible film*. Penurunan persen pemanjangan berbanding lurus dengan penurunan kuat tarik. Lilin lebah memiliki struktur kristalin yang bersifat hidrofobik sehingga mengganggu pembentukan matriks kitosan yang bersifat hidrofilik. Adanya lilin lebah menyebabkan pembentukan ikatan hidrogen antar polimer kitosan sulit terbentuk sehingga interaksi intermolekul matriks polimer menjadi lemah dan rapuh.

#### Water Vapor Transmission Rate (WVTR)

Hasil pengujian WVTR *edible film* ekstrak bunga telang dan kitosan dengan berbagai perlakuan berkisar antara 67,8906-94,4379 g/m<sup>2</sup>/24 jam (Gambar 3).



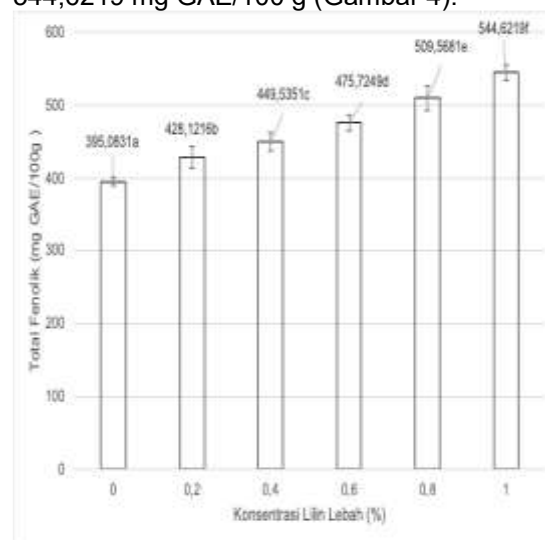
Gambar 3. WVTR *edible film*

Penambahan lilin lebah sebanyak 0,2% (b/v) mampu menurunkan nilai WVTR *edible film* secara nyata. Lilin lebah mengandung 12-14% asam lemak bebas yang terdiri atas 80% asam lemak jenuh. Komponen asam lemak jenuh yang tinggi menyebabkan lilin lebah memiliki titik leleh sekitar 61-65°C dan mudah memadat pada suhu ruang (Nasrin et al., 2023). Pada suhu di bawah titik lelehnya, lilin lebah akan membentuk kristal lilin padat yang bersifat hidrofobik. Lilin lebah juga memiliki berat jenis

yang lebih rendah daripada air (1g/m<sup>3</sup>) yaitu sekitar 0,95 g/m<sup>3</sup> sehingga akan membentuk lapisan di permukaan *edible film*. Kristal lilin yang terbentuk di permukaan *edible film* menyebabkan struktur menjadi rapat dan kompak sehingga dapat memperkecil rongga udara. Struktur yang rapat dan kompak tersebut menghalangi terjadinya transmisi uap air. Penambahan lilin lebah juga mampu meningkatkan ketebalan. Semakin tebal, maka semakin banyak lapisan lilin yang terbentuk di permukaan sehingga meningkatkan kemampuan *edible film* dalam menghalangi terjadinya transmisi uap air.

#### Total Fenolik

Hasil pengujian total fenolik *edible film* ekstrak bunga telang dan kitosan dengan berbagai perlakuan berkisar antara 395,0831-544,6219 mg GAE/100 g (Gambar 4).

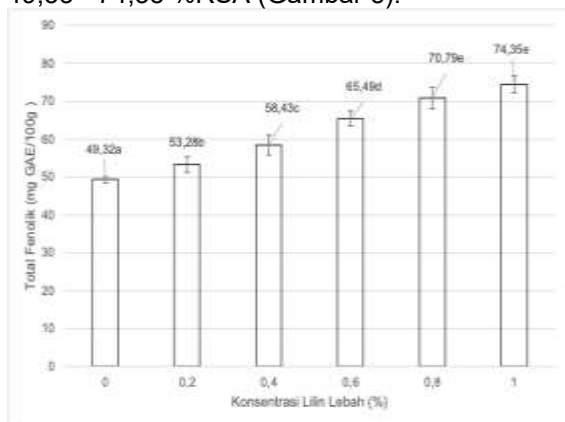


Gambar 4. Total fenolik *edible film*

*Edible film* tanpa penambahan lilin lebah memiliki total fenolik sebanyak 395,0831 mg GAE/100g yang disebabkan oleh adanya senyawa fenolik dari ekstrak bunga telang. Penambahan lilin lebah sebanyak 0,2% (b/v) memberikan pengaruh nyata pada total senyawa fenolik. Peningkatan total senyawa fenolik terjadi karena adanya kandungan senyawa fenolik pada lilin lebah. Menurut Sawicki et al. (2022), lilin lebah memiliki total senyawa fenolik sebesar 0,39 µg/g, beberapa diantaranya yaitu pinobanksin (85,7%), *protocatechuic acid-O-hexoside* (3,4%), *3,4-di-O-caffeoylquinic acid* (1,9%), kaempferol (6,0%), dan apigenin (3,0%). Semakin tinggi konsentrasi lilin lebah yang ditambahkan, maka semakin banyak gugus hidroksil yang dapat bereaksi dengan reagen Folin-Ciocalteu sehingga total fenolik yang terukur semakin besar.

### Aktivitas Antioksidan metode DPPH *Radical Scavenging Activity* (RSA)

Hasil pengujian aktivitas antioksidan *edible film* ekstrak bunga telang dan kitosan dengan berbagai perlakuan berkisar antara 49,33 - 74,35 %RSA (Gambar 5).



Gambar 5. Aktivitas antioksidan *edible film*

Aktivitas antioksidan mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi lilin lebah yang ditambahkan. Peningkatan aktivitas antioksidan berbanding lurus dengan peningkatan total senyawa fenolik *edible film*. Lilin lebah mengandung *triacontanol*, *octacosanol*, *hexacosanol*, dan *tetracosanol* yang memiliki sifat antioksidan (Iqbal et al., 2024). Lilin lebah juga memiliki kandungan  $\beta$ -karoten sebanyak 0,011 ppm yang dikenal sebagai antioksidan alami yang dapat berperan sebagai *radical-scavenging* dan *singlet oxygen quenching*. Lilin lebah juga mengandung senyawa fenolik seperti *pinobanksin*, *protocatechuic acid O-hexoside*, *3,4-di-O-caffeoylquinic acid*, *kaempferol*, dan *apigenin* yang memiliki sifat antioksidan (Sawicki et al., 2022). Semakin banyak lilin lebah yang ditambahkan ke dalam *edible film*, maka semakin tinggi aktivitas antioksidan.

### pH Daging Ayam

Hasil pengukuran pH daging ayam yang dikemas dengan *edible film* ekstrak bunga telang dan kitosan dengan berbagai perlakuan berkisar antara 5,69-6,43 (Tabel 1.). pH daging ayam cenderung mengalami peningkatan seiring dengan lamanya waktu penyimpanan. Semakin lama daging ayam kukus disimpan pada suhu ruang, semakin banyak jumlah dan aktivitas bakteri pembusuk yang dapat menurunkan kualitas daging ayam yang dikemas. Bakteri pembusuk menyebabkan dekomposisi protein menjadi peptida dan asam amino, lalu terjadi pelepasan gugus amin sehingga terbentuk gas amonia ( $\text{NH}_3$ ) (Jati et al., 2025). Gas amonia bersifat basa dan volatil sehingga akan meningkatkan pH daging ayam serta lingkungan dalam kemasan.

Penambahan lilin lebah memberikan pengaruh nyata terhadap pH daging ayam yang dikemas menggunakan *edible film*. pH daging ayam yang dikemas menggunakan *edible film* tanpa penambahan lilin lebah lebih tinggi dibandingkan pH daging ayam yang dikemas menggunakan *edible film* yang diberi perlakuan konsentrasi lilin lebah pada hari pengamatan yang sama.

### Warna Daging Ayam Kukus

Hasil pengamatan subjektif warna daging ayam kukus yang dikemas menggunakan *edible film* selama empat hari (96 jam) penyimpanan disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan hasil pengamatan subjektif warna daging ayam kukus yang dikemas menggunakan *edible film*, warna daging ayam kukus cenderung berubah dari putih menjadi coklat. Perubahan warna daging ayam diduga disebabkan oleh reaksi Maillard. Reaksi Maillard adalah reaksi pencoklatan non enzimatis antara gugus karbonil dari gula pereduksi dan gugus amino dari asam amino bebas, protein, ataupun peptida dan menghasilkan senyawa melanoidin yang berwarna coklat (Conceição et al., 2024).

Berdasarkan hasil pengamatan, semakin tinggi konsentrasi lilin lebah, maka intensitas warna coklat daging ayam kukus semakin rendah pada hari pengamatan yang sama. Hal ini terjadi karena semakin tinggi konsentrasi lilin lebah, maka semakin rendah nilai WVTR sehingga dapat menghambat terjadinya transmisi uap air dan dapat mempertahankan aw dalam kemasan agar tidak meningkat. Semakin tinggi konsentrasi lilin lebah juga memberikan peningkatan senyawa fenolik yang dapat berperan sebagai antimikroba yang dapat membantu mencegah masuknya mikroba ke dalam kemasan sehingga tidak terjadi peningkatan jumlah mikroba dari luar kemasan.

### Warna *Edible Film*

Pengujian dilakukan dengan mengamati pengaruh konsentrasi lilin lebah terhadap perubahan warna *edible film* (Tabel 3 dan Tabel 4). *Edible film* tanpa penambahan lilin lebah memiliki nilai  $a$  dan  $^{\circ}\text{H}$  paling rendah serta nilai  $b^*$  paling tinggi. Peningkatan konsentrasi lilin lebah menghasilkan nilai  $a$  dan  $^{\circ}\text{H}$  lebih tinggi serta nilai  $b^*$  rendah namun tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan ayam yang dikemas dengan *edible film* tanpa penambahan lilin lebah sudah mengalami pergeseran warna ke arah hijau yang disebabkan oleh peningkatan pH akibat aktivitas bakteri pembusuk yang menghasilkan senyawa volatil amonia yang bersifat basa.

Tabel 1. Hasil pengukuran pH daging ayam kukus yang dikemas menggunakan *edible film* selama empat hari (96 jam) penyimpanan

Hari	Konsentrasi Lilin Lebah*					
	0%	0,2%	0,4%	0,6%	0,8%	1%
0	5,69 ± 0,05 <sup>A</sup>	5,69 ± 0,05 <sup>A</sup>	5,69 ± 0,05 <sup>A</sup>	5,69 ± 0,05 <sup>A</sup>	5,69 ± 0,05 <sup>A</sup>	5,69 ± 0,05 <sup>A</sup>
1	5,85 ± 0,01 <sup>B</sup>	5,84 ± 0,02 <sup>B</sup>	5,78 ± 0,01 <sup>AB</sup>	5,81 ± 0,07 <sup>AB</sup>	5,75 ± 0,03 <sup>A</sup>	5,75 ± 0,06 <sup>A</sup>
2	5,95 ± 0,02 <sup>B</sup>	5,93 ± 0,01 <sup>A</sup>	5,89 ± 0,02 <sup>A</sup>	5,91 ± 0,01 <sup>A</sup>	5,89 ± 0,02 <sup>A</sup>	5,89 ± 0,02 <sup>A</sup>
3	6,05 ± 0,03 <sup>C</sup>	6,02 ± 0,02 <sup>C</sup>	6,03 ± 0,04 <sup>C</sup>	6,00 ± 0,05 <sup>BC</sup>	5,96 ± 0,01 <sup>AB</sup>	5,95 ± 0,01 <sup>A</sup>
4	6,43 ± 0,10 <sup>D</sup>	6,20 ± 0,06 <sup>C</sup>	6,12 ± 0,08 <sup>BC</sup>	6,14 ± 0,02 <sup>BC</sup>	6,01 ± 0,05 <sup>A</sup>	6,05 ± 0,01 <sup>AB</sup>

Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan nyata antar konsentrasi lilin lebah yang berbeda di hari yang sama pada taraf  $\alpha = 5\%$

Tabel 2. Hasil pengamatan warna daging ayam kukus yang dikemas menggunakan *edible film* selama empat hari (96 jam) penyimpanan

Hari	Konsentrasi Lilin Lebah*					
	0%	0,2%	0,4%	0,6%	0,8%	1%
0	Putih	Putih	Putih	Putih	Putih	Putih
1	Coklat (+1)	Coklat (+1)	Coklat (+1)	Putih	Putih	Putih
2	Coklat (+3)	Coklat (+2)	Coklat (+2)	Coklat (+1)	Coklat (+1)	Putih
3	Coklat (+4)	Coklat (+3)	Coklat (+2)	Coklat (+2)	Coklat (+1)	Coklat (+1)
4	Coklat (+4)	Coklat (+3)	Coklat (+3)	Coklat (+2)	Coklat (+2)	Coklat (+2)

Keterangan: Nilai (+) yang semakin besar menunjukkan intensitas warna yang semakin tinggi

Tabel 3. Hasil pengukuran warna *edible film* selama empat hari (96 jam) penyimpanan

Lilin Lebah (%)	Parameter Warna	Penyimpanan hari ke-				
		0	1	2	3	4
0	L*	23,7 ± 4,3 <sup>A</sup>	26,3 ± 2,1 <sup>A</sup>	26,7 ± 4,3 <sup>A</sup>	28,1 ± 4,5 <sup>AB</sup>	27,6 ± 3,8 <sup>AB</sup>
	a*	-6,4 ± 1,8 <sup>A</sup>	-8,3 ± 0,8 <sup>A</sup>	-9,4 ± 1,4 <sup>A</sup>	-8,8 ± 1,8 <sup>A</sup>	-10,9 ± 0,9 <sup>A</sup>
	b*	-9,7 ± 0,6 <sup>A</sup>	-6,4 ± 0,6 <sup>C</sup>	-3,0 ± 1,0 <sup>BC</sup>	0,3 ± 1,2 <sup>E</sup>	0,8 ± 1,2 <sup>B</sup>
	C*	11,8 ± 1,4 <sup>A</sup>	10,5 ± 0,9 <sup>A</sup>	9,9 ± 1,6 <sup>B</sup>	8,9 ± 1,8 <sup>AB</sup>	11,0 ± 0,9 <sup>C</sup>
	°H	236,8 ± 7,3 <sup>A</sup>	217,6 ± 2,6 <sup>A</sup>	197,8 ± 4 <sup>A</sup>	179,5 ± 8,3 <sup>A</sup>	175,4 ± 5,7 <sup>A</sup>
0,2	L*	28,5 ± 2,3 <sup>B</sup>	25,1 ± 1,4 <sup>A</sup>	28,7 ± 1,9 <sup>A</sup>	28,1 ± 2,4 <sup>AB</sup>	27,6 ± 4,6 <sup>AB</sup>
	a*	-6,4 ± 1,7 <sup>A</sup>	-7,2 ± 0,8 <sup>AB</sup>	-8,5 ± 1,8 <sup>A</sup>	-7,6 ± 1,4 <sup>A</sup>	-10,6 ± 1,6 <sup>AB</sup>
	b*	-9,5 ± 1,8 <sup>A</sup>	-6,5 ± 0,5 <sup>C</sup>	-2,4 ± 0,6 <sup>C</sup>	-1,6 ± 0,7 <sup>D</sup>	0,6 ± 1,0 <sup>B</sup>
	C*	11,5 ± 2,1 <sup>A</sup>	9,8 ± 0,7 <sup>A</sup>	8,9 ± 1,9 <sup>AB</sup>	7,9 ± 1,5 <sup>A</sup>	10,6 ± 1,6 <sup>BC</sup>
	°H	236,2 ± 5,7 <sup>A</sup>	222,8 ± 3,7 <sup>AB</sup>	196,4 ± 3,4 <sup>A</sup>	191,5 ± 2,3 <sup>B</sup>	176,2 ± 5,7 <sup>A</sup>
0,4	L*	30,3 ± 1,0 <sup>B</sup>	27,6 ± 1,3 <sup>A</sup>	26,4 ± 2,7 <sup>A</sup>	27,2 ± 2,8 <sup>A</sup>	24,7 ± 1,7 <sup>A</sup>
	a*	-5,1 ± 0,4 <sup>A</sup>	-6,9 ± 0,7 <sup>B</sup>	-6,1 ± 0,6 <sup>B</sup>	-7,4 ± 1,1 <sup>A</sup>	-9,7 ± 0,6 <sup>ABC</sup>
	b*	-9,3 ± 1,5 <sup>A</sup>	-6,7 ± 0,6 <sup>BC</sup>	-5,1 ± 2,3 <sup>AB</sup>	-1,6 ± 0,5 <sup>D</sup>	-1,5 ± 1,1 <sup>A</sup>
	C*	10,7 ± 1,2 <sup>A</sup>	9,7 ± 0,7 <sup>A</sup>	8,1 ± 1,6 <sup>AB</sup>	7,6 ± 1,0 <sup>A</sup>	9,9 ± 0,6 <sup>ABC</sup>
	°H	241,2 ± 4,9 <sup>A</sup>	224,6 ± 3,7 <sup>ABC</sup>	218,4 ± 13,2 <sup>B</sup>	191,9 ± 4,6 <sup>B</sup>	189 ± 6,3 <sup>B</sup>
0,6	L*	28,3 ± 1,6 <sup>B</sup>	25,0 ± 1,8 <sup>A</sup>	25,9 ± 1,2 <sup>A</sup>	28,8 ± 1,3 <sup>AB</sup>	24,7 ± 1,9 <sup>A</sup>
	a*	-5,4 ± 1,3 <sup>A</sup>	-6,9 ± 0,3 <sup>B</sup>	-6,0 ± 0,8 <sup>B</sup>	-8,3 ± 0,2 <sup>A</sup>	-9,2 ± 0,4 <sup>BC</sup>
	b*	-8,7 ± 0,9 <sup>A</sup>	-7,7 ± 0,2 <sup>AB</sup>	-4,9 ± 1,4 <sup>AB</sup>	-4,0 ± 0,3 <sup>C</sup>	-1,7 ± 0,3 <sup>A</sup>
	C*	10,2 ± 1,0 <sup>A</sup>	10,4 ± 0,2 <sup>A</sup>	7,8 ± 1,3 <sup>AB</sup>	9,3 ± 0,1 <sup>AB</sup>	9,4 ± 0,4 <sup>AB</sup>
	°H	238,6 ± 7 <sup>A</sup>	228,4 ± 1,3 <sup>BCD</sup>	219,4 ± 6,4 <sup>B</sup>	205,7 ± 2,2 <sup>C</sup>	190,5 ± 1,8 <sup>B</sup>
0,8	L*	29,4 ± 3,1 <sup>B</sup>	26,4 ± 3,2 <sup>A</sup>	26,2 ± 0,9 <sup>A</sup>	27,4 ± 0,6 <sup>A</sup>	30,4 ± 1,5 <sup>B</sup>
	a*	-5,9 ± 1,1 <sup>A</sup>	-6,4 ± 1,2 <sup>B</sup>	-5,5 ± 1,0 <sup>B</sup>	-7,4 ± 0,1 <sup>A</sup>	-9,5 ± 0,6 <sup>BC</sup>
	b*	-9,9 ± 0,8 <sup>A</sup>	-8,2 ± 0,7 <sup>A</sup>	-4,1 ± 1,7 <sup>ABC</sup>	-5,5 ± 0,2 <sup>B</sup>	-1,2 ± 0,5 <sup>A</sup>
	C*	11,6 ± 0,4 <sup>A</sup>	10,5 ± 0,5 <sup>A</sup>	214,9 ± 13,7 <sup>B</sup>	216,6 ± 1,2 <sup>D</sup>	188,0 ± 3,2 <sup>B</sup>
	°H	239,4 ± 6,1 <sup>A</sup>	232,3 ± 7,3 <sup>CD</sup>	214,9 ± 13,7 <sup>B</sup>	216,6 ± 1,2 <sup>D</sup>	188,0 ± 3,2 <sup>B</sup>
1,0	L*	29,3 ± 0,4 <sup>B</sup>	26,7 ± 3,3 <sup>A</sup>	25,9 ± 1,3 <sup>A</sup>	32,1 ± 1,8 <sup>B</sup>	29,9 ± 5,0 <sup>AB</sup>
	a*	-6,3 ± 0,4 <sup>A</sup>	-5,9 ± 0,6 <sup>B</sup>	-5,3 ± 0,3 <sup>B</sup>	-7,5 ± 1,0 <sup>A</sup>	-8,5 ± 5,0 <sup>C</sup>
	b*	-9,1 ± 0,8 <sup>A</sup>	-7,4 ± 1,0 <sup>ABC</sup>	-5,5 ± 0,5 <sup>A</sup>	-7,3 ± 0,4 <sup>A</sup>	-2,3 ± 0,9 <sup>A</sup>
	C*	11,2 ± 0,4 <sup>A</sup>	9,6 ± 0,9 <sup>A</sup>	7,7 ± 0,1 <sup>AB</sup>	10,5 ± 0,5 <sup>B</sup>	8,9 ± 0,4 <sup>A</sup>
	°H	235,4 ± 3,9 <sup>A</sup>	231,4 ± 3,8 <sup>D</sup>	225,5 ± 3,9 <sup>B</sup>	224,2 ± 5,4 <sup>E</sup>	195,3 ± 6,4 <sup>B</sup>

Keterangan: Notasi (AD) yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan nyata antar konsentrasi lilin lebah yang berbeda di hari yang sama pada taraf  $\alpha = 5\%$

Tabel 4. Warna edible film selama empat hari (96 jam) penyimpanan

lilin lebah (%)	Penyimpanan hari ke-				
	0	1	2	3	4
0					
0,2					
0,4					
0,6					
0,8					
1,0					

### KESIMPULAN

Penambahan konsentrasi lilin lebah meningkatkan total fenolik (395,0831-544,6219 mg GAE/100g) dan aktivitas antioksidan (49,33 - 74,35 % DPPH *Radical Scavenging Activity*), menurunkan nilai kuat tarik (0,062-0,041 MPa), persen pemanjangan (83,542%-47,667%), dan laju transmisi uap air (67,8906-94,4379 g/m<sup>2</sup>/24jam). Bertambahnya konsentrasi lilin

lebah mampu menghambat peningkatan pH dan perubahan warna daging ayam kukus. Penelitian selanjutnya mengarah pada aplikasi *edible film* sebagai pengemas primer produk pangan dan pengujian kemampuannya mempertahankan kualitas produk yang dikemas.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abdulla, S. F., Shams, R., & Dash, K. K. (2024). Edible packaging as sustainable alternative to synthetic plastic: A comprehensive review. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32806-z>
- Amin, U., Khan, M. K. I., Maan, A. A., Nazir, A., Riaz, S., Khan, M. U., ... Lorenzo, J. M. (2022). Biodegradable active, intelligent, and smart packaging materials for food applications. *Food Packaging and Shelf Life*, 33, 100903. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.100903>
- Anugrah, D. S. B., Delarosa, G., Wangker, P., Pramitasari, R., & Subali, D. (2023). Utilising N-glutaryl chitosan-based film with butterfly pea flower anthocyanin as a freshness indicator of chicken breast. *Packaging Technology and Science*, 36(8), 681–697. <https://doi.org/10.1002/pts.2736>
- Betancur-D'Ambrosio, M. C., Pérez-Cervera, C. E., Barrera-Martinez, C., & Andrade-Pizarro, R. (2024). Antimicrobial activity, mechanical and thermal properties of cassava starch films incorporated with beeswax and propolis. *Journal of Food Science and Technology*, 61(4), 782–789. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05878-x>
- Conceição, L. D. S., Almeida, B. S. D., Souza, S. F. D., Martinez, V. O., Matos, M. F. R. D., Andrade, L. L., ... Pinto Matos, L. C. (2024). Critical conditions for the formation of Maillard Reaction Products (MRP) in bread: An integrative review. *Journal of Cereal Science*, 118, 103985. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2024.103985>
- Florido-Moreno, P., Benítez, J. J., González-Buesa, J., Porrás-Vázquez, J. M., Hierrezuelo, J., Grifé-Ruiz, M., ... Guzmán-Puyol, S. (2025). Plasticized cellulose bioplastics with beeswax for the fabrication of multifunctional, biodegradable active food packaging. *Food Hydrocolloids*, 162, 110933. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110933>

- Gao, L., Sun, H., Nagassa, M., Li, X., Pei, H., Liu, S., ... He, S. (2024). Edible film preparation by anthocyanin extract addition into acetylated cassava starch/sodium carboxymethyl cellulose matrix for oxidation inhibition of pumpkin seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 267, 131439. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131439>
- Gregory, S., Setijawaty, E., & Jati, I. R. A. P. (2024). The development of konjac based smart edible film packaging with roselle flower extract and chicken eggshell as active agents. *TEKNOLOGI PANGAN: Media Informasi Dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 15(1), 95–111.
- Hong, F., Qiu, P., Wang, Y., Ren, P., Liu, J., Zhao, J., & Gou, D. (2024). Chitosan-based hydrogels: From preparation to applications, a review. *Food Chemistry: X*, 21, 101095. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.101095>
- Hosseini, S. F., Mousavi, Z., & McClements, D. J. (2023). Beeswax: A review on the recent progress in the development of superhydrophobic films/coatings and their applications in fruits preservation. *Food Chemistry*, 424, 136404. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136404>
- Iqbal, S. Z., Hussain, M., Ali, H., Haider, A., Ali, S., Hussain, A., ... Jawaid, M. (2024). Preparation and application of hydroxypropyl methylcellulose blended with beeswax and essential oil edible coating to enhance the shelf life of sweet cherries. *International Journal of Biological Macromolecules*, 272, 132532. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.132532>
- Jati, Ignasius Radix A. P., Darmoatmodjo, L. M. Y. D., Suseno, T. I. P., Ristiarini, S., & Wibowo, C. (2022). Effect of Processing on Bioactive Compounds, Antioxidant Activity, Physicochemical, and Sensory Properties of Orange Sweet Potato, Red Rice, and Their Application for Flake Products. *Plants*, 11(3), 440. <https://doi.org/10.3390/plants11030440>
- Jati, Ignasius Radix A.P., Elaine, J., Setijawaty, E., & Utomo, A. R. (2024). Development of Bio-Based Smart Edible Food Packaging Using Roselle Flower Extract and Eggshell Powder as Active Agents. *BIO Web of Conferences*, 98, 05001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249805001>
- Jati, Ignasius Radix A.P., Kamaluddin, M. A., Utomo, A. R., Setijawaty, E., Edward, E., & Nugraha, D. T. (2025). Red cabbage and eggshell powder as active agent on cassava starch-based edible films: Its physicochemical properties and application. *Nutrition & Food Science*, 55(2), 423–437. <https://doi.org/10.1108/NFS-08-2024-0273>
- Jati, Ignasius Radix Astadi Praptono, Darmoatmodjo, L. M. Y. D., Utomo, A. R., Nugraha, D. T., Wibowo, C., & Ayustaningwarno, F. (2025). The application of eggshell and roselle extract in cornstarch-based smart edible film. *Brazilian Journal of Food Technology*, 28, e2024083. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.08324>
- Jati, Ignasius Radix Astadi Praptono, Utomo, A. R., Setijawaty, E., Yoshari, R. M., Budianta, T. D. W., Suseno, T. I. P., & Ayustaningwarno, F. (2025). Durian albedo and eggshell-based smart edible film with infused butterfly pea flower extract as active agent. *Discover Food*, 5(1), 146. <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00428-0>
- Nasrin, T. A. A., Arfin, M. S., Rahman, Md. A., Molla, M. M., Sabuz, A. A., & Matin, M. A. (2023). Influence of novel coconut oil and beeswax edible coating and MAP on postharvest shelf life and quality attributes of lemon at low temperature. *Measurement: Food*, 10, 100084. <https://doi.org/10.1016/j.meafoo.2023.100084>
- Pérez-Vergara, L. D., Cifuentes, M. T., Franco, A. P., Pérez-Cervera, C. E., & Andrade-Pizarro, R. D. (2020). Development and characterization of edible films based on native cassava starch, beeswax, and propolis. *NFS Journal*, 21, 39–49. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.09.002>
- Reis, M. O., Olivato, J. B., Bilck, A. P., Zanela, J., Grossmann, M. V. E., & Yamashita, F. (2018). Biodegradable trays of thermoplastic starch/poly (lactic acid) coated with beeswax. *Industrial Crops and Products*, 112, 481–487. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.045>

Sawicki, T., Ruszkowska, M., Shin, J., & Starowicz, M. (2022). Free and conjugated phenolic compounds profile and antioxidant activities of honeybee products of polish origin. *European Food Research and Technology*, 248(9), 2263–2273. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04041-8>

Zhang, R., Wang, W., Zhang, H., Dai, Y., Dong, H., Kong, L., & Hou, H. (2020). Effects of preparation conditions on the properties of agar/maltodextrin-beeswax pseudo-bilayer films. *Carbohydrate Polymers*, 236, 116029. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116029>